

La gestion des déchets radioactifs

par Wm. L. Lennemann, H. E. Parker et P. J. West*

LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

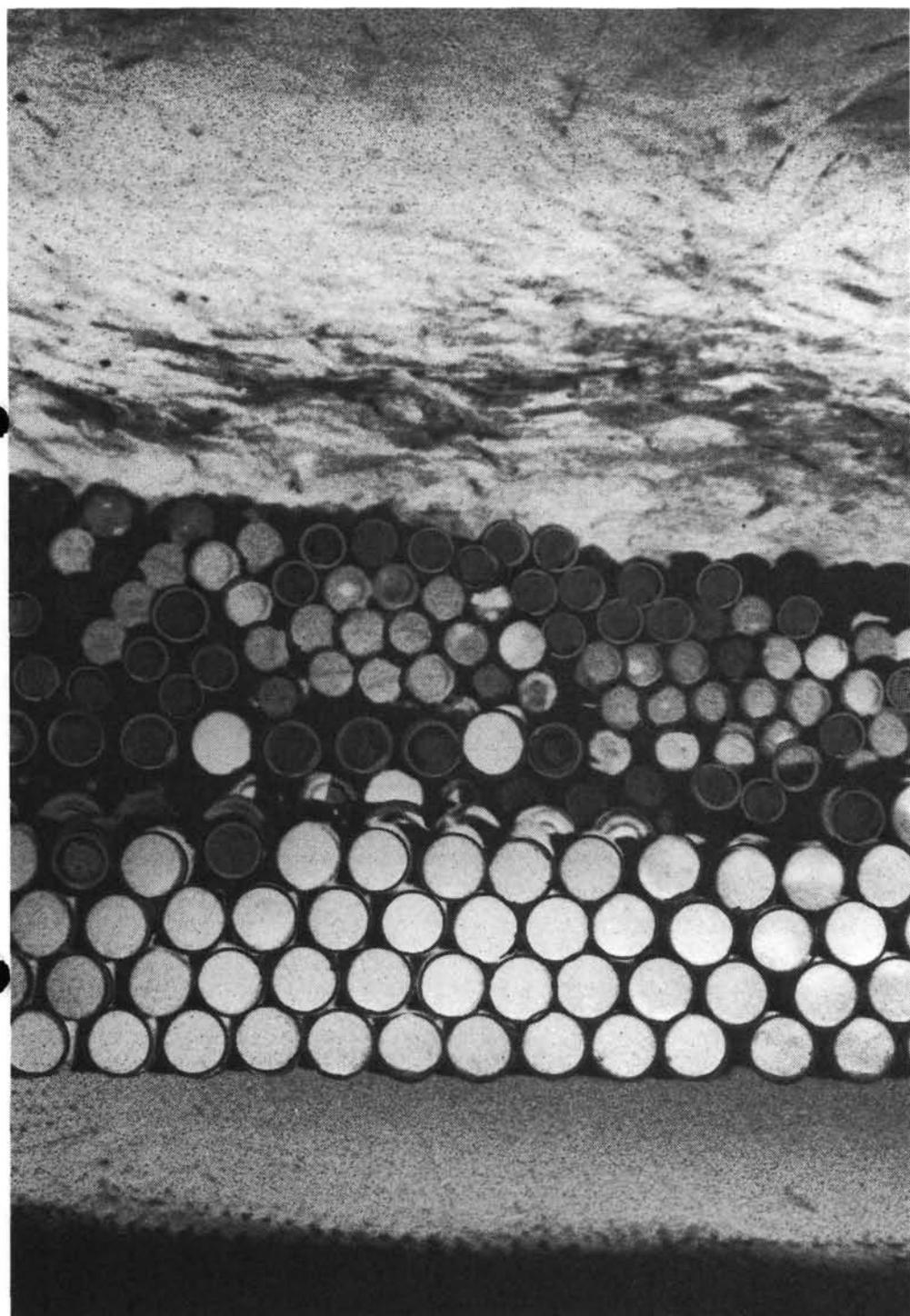
Les responsabilités nucléaires ne se bornent pas à faire fonctionner sans danger un réacteur. La fission nucléaire engendre des responsabilités qui peuvent s'étendre sur une longue période. Les programmes d'énergie nucléaire doivent tenir compte non seulement des centrales, de leur emplacement, de leur exploitation et de l'organisation de leur approvisionnement en combustible, mais aussi de ce qu'il convient de faire des combustibles irradiés et des déchets nucléaires qu'ils contiennent. Il y a des décisions à prendre sur la gestion du combustible usé, qu'il doive être stocké ou retraité (comment et où), sur la mise en place des installations et du personnel compétent nécessaire, sur la gestion et l'élimination des déchets radioactifs résultant de tel ou tel retraitement, sur la garantie et l'emploi des substances nucléaires récupérées à partir des combustibles retraités. La figure 1 donne une illustration schématique du cycle du combustible nucléaire. Normalement, le stockage du combustible irradié ne fait pas partie de ce cycle, mais nous l'avons fait figurer ici parce que l'on peut aujourd'hui raisonnablement décider de stocker en attendant un retraitement ultérieur. Les parties hachurées de la Figure 1A indiquent les zones qui, à notre avis, donnent ou devront donner lieu, s'agissant du cycle du combustible nucléaire, à des préoccupations qui sont pratiquement toutes du ressort de la gestion des déchets radioactifs. Apparaît en outre le problème de la désaffectation, qui se pose pour toutes les installations participant au cycle du combustible.

LES RESIDUS

La radioactivité qui subsiste dans les déchets est principalement due à la présence naturelle de radium 226. Bien que sa concentration dans les résidus soit très faible (environ 800 picocuries par gramme), il faut s'en préoccuper vu sa période (1620 ans) et les produits de désintégration qui l'accompagnent. La désintégration du radium 226 peut provoquer le dégagement de gaz radon. En conséquence, de l'avis général, il ne faut pas utiliser des résidus comme matériaux de construction ou de remplissage pour les bâtiments à l'usage de l'homme. Un contrôle et une surveillance prolongés des résidus d'uranium sont donc nécessaires.

Les radiations émises par les résidus d'uranium ne constituent pas un risque grave pour la santé dans les locaux ouverts, bien aérés, ni à l'air libre. Mais le risque persiste pendant des milliers d'années. En conséquence il faut tenir compte de son existence et de sa durée lorsqu'on prévoit l'emplacement et l'élimination de ces résidus. Chaque fois que l'on met fin à l'utilisation d'un emplacement de décharge des résidus, il faut le stabiliser et y replanter de la végétation dans toute la mesure compatible avec les nécessités de la protection contre l'érosion due à l'eau ou au vent. L'emplacement doit être marqué de la façon la plus nette et la plus durable possible, et dûment enregistré auprès des autorités locales afin que son utilisation fasse l'objet de prescriptions limitatives perpétuelles.

* Texte condensé de la communication présentée par les auteurs à la Conférence nucléaire européenne tenue à Paris en avril.



Fûts contenant des déchets radioactifs stockés dans la mine de sel abandonnée d'Asse en République fédérale d'Allemagne. Photo: G.S.F.

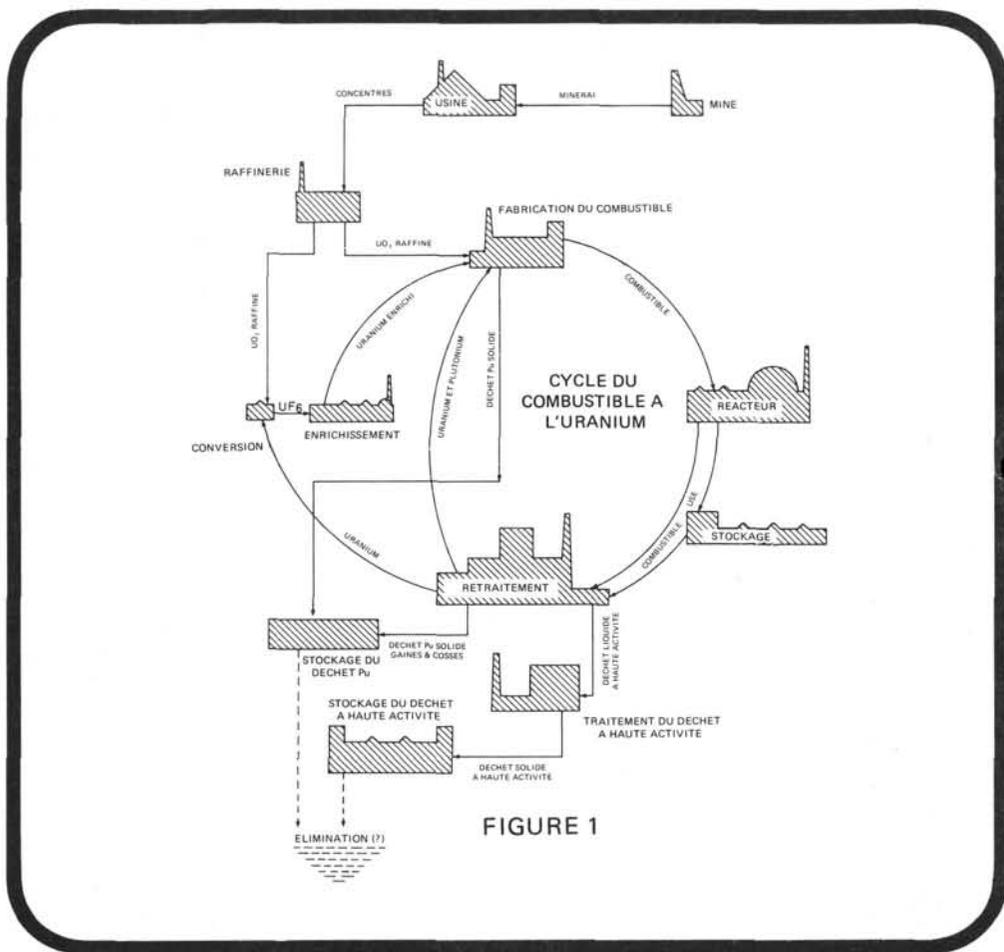


FIGURE 1

LE STOCKAGE DU COMBUSTIBLE

On paraît avoir admis tacitement qu'il est possible, ou qu'il sera bientôt possible, après l'extraction du réacteur du combustible utilisé, de procéder aux opérations de retraitement du combustible et de gestion des déchets à un prix qui sera couvert par la valeur du matériau fissile ainsi récupéré. On a également admis que l'établissement chargé du retraitement fournirait tous les services de gestion des déchets relatifs à ses opérations, déchargeant ainsi de toute responsabilité à cet égard les gens qui assurent l'exploitation du réacteur. La rémunération des services de gestion des déchets serait alors incluse dans les frais de retraitement. Sauf pour les réacteurs à eau lourde utilisant comme combustible l'uranium naturel, on ne paraît guère avoir pensé qu'il pourrait se présenter des situations dans lesquelles les services de gestion des déchets n'existeraient pas, ou ne seraient pas assurés faute de rentabilité. En conséquence, pour l'une ou l'autre des ces deux raisons, le problème de la pénurie d'emplacements de stockage du combustible paraît se poser avec une acuité qui nécessite des mesures urgentes.

A l'heure actuelle, du point de vue de l'économie nucléaire, le combustible irradié ou usé n'est plus guère considéré comme un déchet. Mais, pendant qu'il se trouve stocké en attente, il doit être géré à peu près de la même façon que le déchet à haute activité

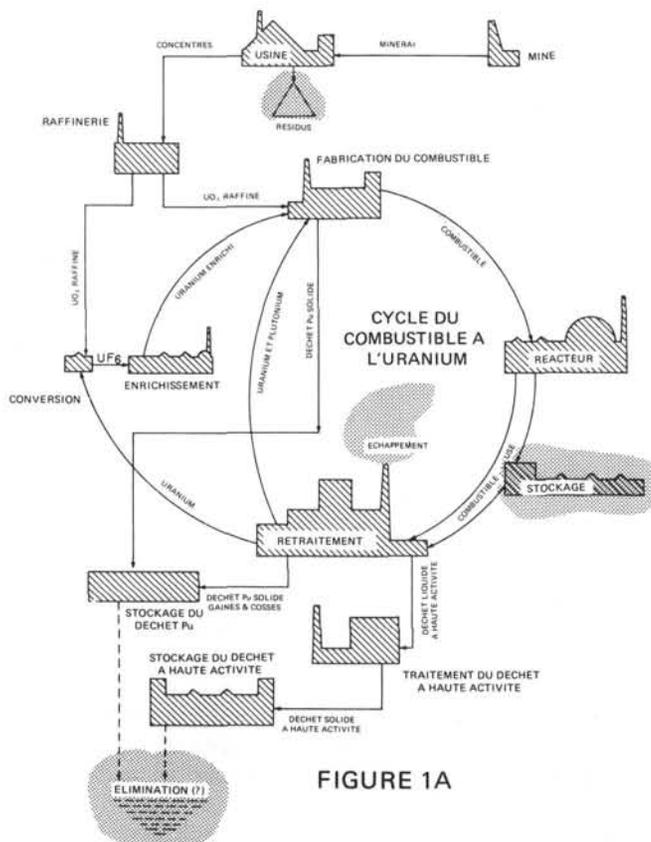


FIGURE 1A

solidifié. Tous les produits de fission générateurs de chaleur y sont; il y a même un peu plus de plutonium et, en outre, des nucléides gazeux: tritium, iode et krypton. La forme du conteneur et du combustible ne correspondent peut-être pas aux exigences du gestionnaire en matière de déchets à haute activité solidifiés, mais ils ont résisté au traitement plutôt brutal qui leur a été infligé dans le réacteur. Ce n'est pas que la technique permettant le stockage en question n'existe pas, mais le problème consiste à disposer des installations et des procédés permettant d'assurer un refroidissement continu, un contrôle et une surveillance capables de détecter toute émission d'activité à partir des conteneurs, un traitement approprié des effluents, permettant aussi d'empêcher toute entrée ou sortie non autorisée, et de remplacer ou d'enrober les conteneurs défectueux ou défaillants.

Mais si l'on veut quand même considérer le combustible comme un déchet, c'est-à-dire comme une substance qui n'a pas à être retraitée, il faut résoudre tous les problèmes normaux de déchets à haute activité, mais aussi savoir comment traiter les déchets gazeux, et se demander si les oxydes doivent être convertis ou bien s'ils peuvent être enrobés et stockés ou évacués dans leur forme actuelle, avec ou sans dégazage. De plus, si l'on ne dispose pas d'une méthode d'évacuation de ces déchets, émetteurs alpha, on est obligé, pour s'en débarrasser, d'assurer leur stockage permanent ou de les retraiter.

DESAFFECTATION DES INSTALLATIONS

La désaffectation des installations jouant un rôle dans la production d'énergie nucléaire ne posera pas de problèmes à répercussions multiples avant vingt ou trente ans. Mais l'expérience quotidiennement acquise dans la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien de ces installations permet de se rendre compte de l'importance de cette question. Un groupe de consultants au service de l'AIEA a défini comme suite les trois stades de la désaffectation:

Premier stade: Fermeture sous surveillance

"D'une façon générale, ce n'est là qu'un expédient provisoire en attendant de nouvelles opérations, mais dans bien des cas il n'y a pas lieu de faire autre chose".

Deuxième stade: Conversion et libération conditionnelle de l'emplacement

"Cette disposition peut prendre des formes très diverses mais elle signifie pratiquement que l'installation est transformée en tout ou partie en vue d'autres utilisations".

Troisième stade: Libération inconditionnelle de l'emplacement

"Dans ce cas, il faut enlever tous les équipements et matériaux présentant une radioactivité importante afin de permettre sans restriction l'accès au terrain et son utilisation".

Quiconque a démantelé une hotte ou une boîte à gants contaminées ou observé de près cette opération peut commencer à comprendre les problèmes qui se posent lorsqu'on veut amener un réacteur au troisième stade de la désaffectation. Mais y a-t-il quelqu'un qui puisse vraiment se rendre compte de ce que représente la même opération effectuée sur une installation de fabrication de combustible au plutonium ou de retraitement de combustible. On a estimé que les frais d'une telle entreprise, y compris ceux de la gestion des déchets qu'elle occasionne, seraient égaux ou supérieurs au coût de l'installation primitive. Personne n'a encore essayé de concevoir une installation en fonction de sa facilité de désaffectation, mais les études et les opérations de désaffectation effectuées jusqu'à ce jour montrent que, bien souvent, les installations qui paraissent les plus intéressantes du point de vue de la construction et de l'exploitation sont aussi celles dont la désaffectation présente le plus de difficultés.

Aux yeux de ceux qui hésitent à léguer des risques nucléaires aux générations futures, ce problème peut déjà paraître insoluble. Mais faut-il qu'il le reste? Il appartient aux gouvernements, aux organes de contrôle, aux services publics, et aux industries d'affronter la question: qui va nettoyer et jusqu'à quel point lorsque l'on met fin à l'exploitation d'une installation nucléaire? Si c'est le gouvernement, il faut établir des critères définissant l'état dans lequel doit se trouver l'installation au moment de son transfert pour la désaffectation. Si c'est un service public, il faut tenir compte du coût prévu pour l'opération dans la tarification du courant électrique. Si l'industrie est astreinte à exécuter la désaffectation de ses installations nucléaires, il faudra là aussi que le coût de l'opération figure dans ses charges. A l'heure qu'il est, on ne tient pas compte des critères de désaffectation et des mesures à prendre pour la financer. Mais quel que soit l'exécutant, le public qui, en fin de compte, aura à supporter les frais, est en droit d'exiger qu'ils soient réduits au minimum. Cela signifie qu'il faut établir des critères définissant l'emplacement et l'installation à désaffecter, et que la conception de l'installation ainsi que ses pratiques d'exploitation et d'entretien doivent tenir compte de la désaffectation. C'est ce qu'on est loin de faire actuellement, mais, tant qu'on ne le fera pas, comment pourra-t-on persuader le public et les adversaires de l'énergie atomique qu'on n'est pas en train de construire des monuments nucléaires?

LE KRYPTON 85 ET LE TRITIUM

Parmi les déchets radioactifs gazeux, le nucléide qui a jusqu'à présent donné des préoccupations est l'iode 131. Mais comme sa période n'est que de huit jours, il est facile à maîtriser, soit par sorption dans un milieu approprié où on le laisse se désintégrer, soit en ménageant un délai de désintégration suffisant avant de retraiter le combustible.

Les radionucléides qui poseront peut-être des problèmes dans l'avenir sont le tritium, le krypton 85, et peut-être aussi l'iode 129. Le xénon-133, dont la période (5,3 jours) est relativement courte ne semble pas devoir créer de difficultés. D'autre part, des préoccupations se font jour au sujet de l'accumulation dans l'atmosphère et la biosphère de carbone 14, due aux installations nucléo-énergétiques, qui pourrait présenter un danger pour la population (1). On n'est pas très fixé sur la quantité de tritium, de krypton 85, et d'iode 129 tolérable par l'environnement, mais on estime que les concentrations totales de tritium et de krypton-85 avoisineront les limites tolérables au cours de la première moitié du siècle prochain. C'est pendant le retraitement du combustible que se produisent les plus forts dégagements de krypton et de tritium.

Certaines autorités et certains critiques prétendent qu'il faut mettre en oeuvre les techniques existantes et procéder dès maintenant à la récupération des radionucléides gazeux. Les travaux publiés sur les gaz purs leur ont probablement fait croire à tort que ces techniques étaient déjà au point et répondaient aux conditions réelles de l'exploitation des installations. En fait, la technique essentielle à mettre au point pour tous les processus d'extraction des radionucléides gazeux consiste en une épuration et un traitement préliminaires du gaz permettant d'obtenir un mélange de départ convenant au processus d'extraction des radionucléides gazeux.

On ne saurait dire que le problème de l'élimination du tritium et du krypton des déchets gazeux soit un problème urgent, mais il est certain qu'il se posera dans l'avenir. Il faudra par conséquent que d'ici dix ans l'on dispose de procédés éprouvés d'élimination et d'isolement de ces deux radioisotopes gazeux. Pour y parvenir, on devra probablement consacrer à la mise au point d'une technique satisfaisante plus d'efforts qu'on en a faits jusqu'à présent. Outre les techniques de traitement du tritium et du krypton 85, il conviendra d'examiner dans la gestion des déchets les complications dues au carbone 14.

STOCKAGE ET EVACUATION DES DECHETS A HAUTE ACTIVITE ET EMETTEURS ALPHA

Les techniques satisfaisantes sont soit utilisées dans le cadre de l'exploitation courante, soit mises à l'épreuve dans chaque secteur du cycle du combustible nucléaire, sauf en ce qui concerne l'évacuation des déchets à haute activité. Cette évacuation consiste à isoler efficacement de la biosphère les concentrations dangereuses de radionucléides en les déposant une fois pour toutes dans un lieu où l'on puisse éventuellement ne plus avoir à les gérer ni à les surveiller. Au bout de plus de vingt ans de réalisations nucléo-énergétiques dans plusieurs grands pays développés, les techniques de solidification et de stockage des déchets à haute activité provenant du retraitement des combustibles des réacteurs de puissance ne font pas encore l'objet d'une utilisation continue et généralisée dans le cadre de l'exploitation; quant aux méthodes d'évacuation des déchets à haute activité et émetteurs alpha, elles en sont encore au stade des études. On peut envisager sur un plan très général diverses méthodes à employer, mais les exploitants de réacteurs et les autorités responsables des programmes nucléo-énergétiques ne savent pas encore très bien aujourd'hui ce que seront les responsabilités et les frais en matière de retraitement du combustible et d'évacuation des déchets radioactifs résultant de cette opération.

Comme les émetteurs alpha ont une période extrêmement longue et comme on se rend compte qu'il faudra les confiner efficacement pendant des centaines de milliers d'années, on est tenté par l'idée de les extraire de la masse des déchets, et surtout des déchets de haute activité. Pour y parvenir, il faudrait essentiellement éliminer une bonne quantité de ces nucléides des produits de fission et d'activation présents dans le flux de déchets de l'installation de retraitement. Il existe des procédés qui permettent de séparer de façon assez complète les émetteurs alpha des produits de fission, mais cela coûte cher, et cette opération exige, dans la pratique, un contrôle permanent. Puis il faut, bien sûr, traiter le cas d'un tas d'autres effluents de déchets radioactifs, des installations et matériels contaminés, qui peuvent poser des problèmes plus graves que la contamination alpha primitive.

En admettant que l'on puisse appliquer la séparation des émetteurs alpha à une opération de production, la question qui se pose est la suivante: les avantages d'un déchet de fission exempt d'alpha valent-ils les frais et les risques d'un traitement supplémentaire, auxquels s'ajoute l'apparition de nouveaux matériaux contaminés. De plus, que va-t-on faire des émetteurs alpha?

Le problème de l'évacuation des déchets radioactifs est fort embarrassant, et plus tôt l'on découvrira une méthode acceptable mieux cela vaudra. Tant que cette question n'aura pas reçu de réponse satisfaisante, on peut s'attendre à ce que les programmes nucléo-énergétiques se heurtent à une opposition croissante en ce qui concerne la construction d'installations, tant de retraitement du combustible que de production d'énergie.

Les adversaires de l'énergie d'origine nucléaire commencent à se rendre compte que les réacteurs nucléaires proprement dits émettent beaucoup moins de radioactivité que les installations de retraitement de combustible. Cependant, presque tous les déchets nucléaires, à l'exception des éléments volatils, sont accumulés sur des aires de stockage. Quand le public voit qu'on construit des installations destinées à stocker les déchets radioactifs sous leurs diverses formes en attendant (on ne sait pas combien de temps) qu'on ait étudié et mis au point d'autres méthodes d'évacuation, il n'est pas enclin à croire aux bienfaits de l'énergie d'origine nucléaire, et les adversaires de cette dernière en tirent argument.

On comprend fort bien que peu de localités, si même il s'en trouve, soient disposées à accueillir des installations de retraitement de combustible ou à fournir des emplacements de stockage de déchets qui leur offrent la perspective de devenir, comme on dit, des "dépotoirs atomiques", quelles que soient les assurances que les spécialistes leur donnent en matière de sécurité. Nous pensons cependant qu'elles seraient plus disposées à accueillir des installations de retraitement judicieusement situées si l'on pouvait arguer de l'existence d'une méthode d'élimination acceptable.

A l'heure actuelle, il paraît y avoir quatre conceptions sur les emplacements de stockage définitif ou l'évacuation de ceux des déchets radioactifs qui nécessitent de nombreux siècles d'isolation, à savoir:

1. l'envoi dans l'espace;
2. la transmutation, obtenue par exemple au moyen d'un bombardement par particules atomiques qui les transforme en éléments stables ou en radioisotopes à période brève;
3. l'utilisation de la surface de la terre, ce qui comprend la construction d'installations spéciales au sol ou le dépôt au fond de la mer;
4. l'utilisation de formations géologiques souterraines ou sous-marines.

Ces quatre conceptions ont fait l'objet d'études théoriques, mais seules les deux dernières, utilisation de la surface de la terre et des formations géologiques, paraissent devoir être applicables au cours de notre siècle. Et si l'on veut prévoir une récupération que des

circonstances imprévues rendraient nécessaire, il ne peut pas être question des océans; il ne reste plus alors que le recours à des installations spécialisées construites en surface ou l'utilisation de formations géologiques souterraines.

On peut donc à l'heure actuelle envisager deux façons d'isoler de la biosphère les déchets pendant des périodes prolongées: d'une part une installation de stockage en surface sous contrôle et surveillance continus, de l'autre une technique d'évacuation qui n'imposerait probablement aucune charge aux générations futures. Certes, il faut reconnaître qu'il est impossible de garantir de façon absolue qu'aucun radionucléide ne s'échappera d'un site géologique, mais on doit aussi se dire qu'on ne peut pas davantage garantir absolument l'entretien et le contrôle ininterrompus d'une installation de stockage en surface. Ce qu'il faut peut-être se demander en fin de compte c'est à qui on fait le plus confiance, à l'homme ou à la nature.

Quand on compare les risques du stockage en surface à ceux du stockage souterrain, il ne faut pas perdre de vue que des déchets emmagasinés ou déchargés dans une formation géologique à plusieurs centaines de mètres de profondeur au moins sont beaucoup mieux protégés contre les catastrophes provoquées par la nature ou par l'homme, compte tenu de la tendance de ce dernier à négliger les choses et à les remettre au lendemain, que des déchets emmagasinés dans des installations construites à la surface du sol. Le stockage géologique pourrait donc être considéré comme le meilleur compromis possible entre la sécurité et la responsabilité. Et si nous parlons ici de stockage géologique c'est parce que, avant d'avoir la certitude raisonnable qu'un emplacement géologique se prête au stockage sans danger de déchets radioactifs il faut y avoir déposé des déchets. Les considérations de surveillance et de récupérabilité n'ont qu'une valeur relative. Il est peut-être moins compliqué de surveiller et de récupérer des déchets stockés dans une installation en surface, mais un emplacement géologique bien conçu et bien géré peut offrir les mêmes avantages.

La seule cheminée imaginable par lequel des radionucléides déposés dans une formation géologique pourraient atteindre la biosphère et devenir dangereux pour l'homme résulterait d'un entraînement par les eaux souterraines. En conséquence, le stockage géologique n'est admissible que dans une formation sèche, ou bien dans un site où il n'y a que peu ou pas de mouvements d'eaux souterraines, et dont la structure géologique indique que cette situation pourra rester relativement stable pendant des centaines de milliers d'années. On peut également envisager de protéger les déchets ou les radionucléides qu'ils contiennent contre le mouvement des eaux souterraines et, pour plus de sûreté, prendre les deux précautions à la fois. Outre les obstacles naturels, opposés par un site géologique au déplacement des radionucléides, la forme des déchets et la manière dont ils sont emballés ou confinés constituent autres éléments de sécurité et d'isolement. En combinant ces trois éléments, on peut trouver de larges possibilités d'assurer l'isolement perpétuel des nucléides par rapport à la biosphère.

Les formations géologiques telles que le sel, le granite, le schiste et l'argile existent et sont relativement stables depuis des millions, voire des centaines de millions d'années. Une étude approfondie des formations et de leur voisinage peut permettre de déterminer leur stabilité historique ainsi que la présence, l'absence ou le type des eaux présentes ou proches qui pourraient servir de cheminée vers la biosphère et l'homme. Que les formations soient constituées par du sel, du calcaire, du schiste, du granite, etc. la plupart des emplacements seront probablement uniques en leur genre, et il faudra en étudier la structure et la situation hydrologique particulières. Certaines formations pourront être considérées comme "moins sûres" que d'autres, ce qui ne signifie pas nécessairement qu'elles soient "inacceptables".

L'expérience a montré que l'on a pu jusqu'à présent gérer sans danger les déchets à haute activité et émetteurs alpha. Mais il y a des questions qui tracassent le public et

auxquelles on ne peut pas encore répondre avec certitude aujourd'hui: "Qu'est ce que vous allez en faire en fin de compte?" "Comment allez-vous les isoler de l'environnement pendant les millions ou les milliers d'années pendant lesquelles il y aura un risque?" "Comment pouvez-vous avoir la certitude qu'ils ne contamineront pas la biosphère?" "Quelle garantie avons-nous que vous pourrez les éliminer sans danger?" "Où?" et ainsi de suite. Il paraît donc indispensable de procéder d'urgence à la recherche d'emplacements possibles dans les formations géologiques et d'y mettre en route des programmes de démonstration. Comme nous l'avons dit plus haut, la démonstration doit commencer par une opération de stockage dans la formation géologique en question. Une fois que la sécurité du site et de l'opération ont été prouvées sans laisser place à aucun doute raisonnable, on peut renoncer à la récupération éventuelle, réduire la surveillance, et continuer à utiliser le site comme une décharge.

D'une façon générale, le problème de l'évacuation des déchets de haute activité et émetteurs alpha paraît être un des problèmes les plus graves et les plus urgents de ceux qui se posent aujourd'hui à l'industrie nucléaire. La construction et l'entretien d'installations de stockage provisoire en surface ne paraissent pas pouvoir fournir une solution définitive, et elle ne suffira peut-être pas à rassurer le public. On dispose aujourd'hui de techniques permettant de démontrer que certains sites géologiques se prêtent au stockage, voire éventuellement à l'évacuation. On peut se demander si l'argent et les ressources qu'on emploie à construire et à entretenir des installations de stockage en surface ne pourraient pas être plus avantageusement consacrés, au cours des dix années qui viennent, à étudier le stockage géologique et à démontrer qu'il est possible en pensant déjà à l'évacuation.

L'énergie d'origine nucléaire est aujourd'hui en difficulté parce que l'on n'a pas abordé pratiquement ni résolu effectivement le problème à long terme de l'évacuation des déchets radioactifs. Les contempteurs de l'énergie d'origine nucléaire font de plus en plus efficacement appel à cet argument. On peut s'attendre à ce que ces critiques influencent les groupements politiques et autres, surtout lorsqu'il s'agit de projets d'installation de retraitement de combustible. Une fois que l'on aura stocké des déchets nucléaires dans une formation géologique acceptable, dans des conditions permettant de les récupérer, en démontrant que cette solution est applicable à long terme, et qu'on aura pu expliquer et défendre logiquement cette méthode dans des assemblées publiques, l'énergie nucléaire et en particulier les installations de retraitement du combustible seront probablement mieux accueillis.

LES CENTRES REGIONAUX DE RETRAITEMENT DU COMBUSTIBLE ET DE GESTION DES DECHETS

Il paraît probable que, sur la capacité totale de 3500* GWe d'énergie d'origine nucléaire que l'on estime devoir être en service vers 1990, 3000 GWe seront produits dans une dizaine de pays possédant des installations de retraitement du combustible. Les 500 GWe restants seront répartis entre un grand nombre de pays dans toutes les régions du monde. Les questions qui se posent au sujet de ces derniers sont les suivantes: Décideront-ils de retraiter leur combustible nucléaire eux-mêmes où en confieront-ils par contrat le retraitement aux pays disposant des installations nécessaires? Qui sera responsable de l'évacuation des déchets radioactifs? Quelle est l'étendue de ces responsabilités? Vendront-ils leur combustible irradié comme matière première aux pays équipés pour le

* Chiffre qui paraît aujourd'hui quelque peu optimiste mais que nous utiliserons pour illustrer le problème.

retraiter? Quelles que soient les réponses à ces questions, il semble que la coopération internationale favoriserait la bonne gestion des substances radioactives.

En octobre 1974, le personnel de l'Agence a fait une estimation sommaire des avantages économiques que pourraient présenter des centres régionaux de retraitement des combustibles nucléaires. On a étudié une région susceptible d'être considérée comme typique et admis pour 1990 une certaine quantité de combustible à retraiter pour la région. On a rapidement examiné les trois politiques ci-dessous de retraitement et de gestion des déchets afin d'en comparer les coûts:

- I. Une installation de retraitement du combustible pour la région.
- II. Deux installations de retraitement du combustible pour la région.
- III. Une installation locale de retraitement du combustible pour chaque pays.

On a évalué, additionné et comparé les investissements et les frais d'exploitation correspondant à diverses capacités de retraitement et de gestion pour chacune de ces politiques. On a supposé que chaque installation de retraitement enfouirait ses déchets solides à faible activité et stockerait ses déchets solides contaminés par les particules alpha et ses déchets solidifiés à haute activité dans des installations construites en surface en attendant que des dispositions puissent être prises pour leur évacuation ultérieure. On a tenu compte du coût des fûts et des frais de transport pour le cas où le combustible ne serait pas retraité sur place. De plus on a introduit un facteur de comparaison avec le stockage du combustible nucléaire irradié dans des installations centralisées. Afin de fournir une base commune de comparaison des coûts, on a supposé que les installations de stockage de déchets et de combustible auraient une capacité permettant 20 années de décharge au taux de 1990 pour la région, et l'amortissement de toutes les installations a été prévu sur les 20 années d'exploitation.

En prenant comme indice de base 1,0 pour l'investissement ainsi que pour les frais d'exploitation d'une installation régionale, on obtient le tableau comparatif suivant pour la région examinée:

INDICES COMPARATIFS POUR DIVERS MODES DE GESTION DU COMBUSTIBLE*

	Investissement	Frais d'exploitation
Politiques de retraitement du combustible: **		
Une installation régionale	1,0	1,0
Deux installations régionales	1,1	1,1
Installations locales	1,5	1,6
Politique de stockage du combustible	0,6	0,3

Il faut souligner que ces chiffres n'indiquent pas les avantages économiques susceptibles d'être procurés à tel ou tel des pays intéressés mais uniquement ceux qui reviennent à l'ensemble des pays constituant la région. Les études ont d'autre part montré l'incidence du retraitement du combustible et de la gestion des déchets radioactifs sur un programme nucléo-énergétique. La **figure 2** indique la partie des coûts de production de l'énergie

* Les indices de l'investissement et des frais d'exploitation ne s'additionnent pas.

** Y compris la gestion par stockage des déchets solides.

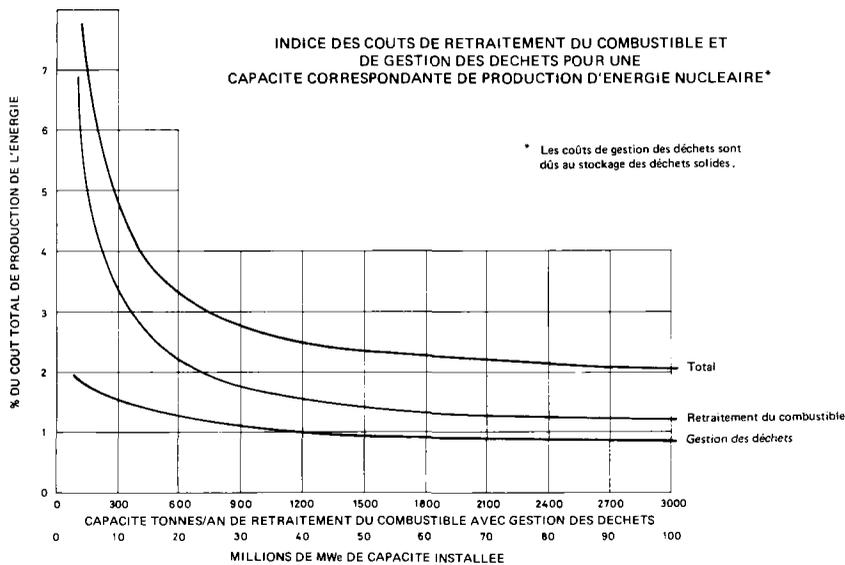


FIGURE 2

d'origine nucléaire qui peut être imputable au retraitement du combustible et à la gestion des déchets radioactifs. Les coûts de la gestion des déchets comprennent l'enfouissement des déchets solides, qui sont relativement peu importants, la solidification des déchets à haute activité, et le stockage provisoire des déchets solides à haute activité et émetteurs alpha.

Le tableau des indices de coûts et la figure 2 montrent l'un et l'autre que les pays qui ont des programmes nucléo-énergétiques peu importants ont grand intérêt à coopérer à l'établissement éventuel de centres régionaux de retraitement du combustible et de traitement des déchets radioactifs qu'il occasionne. Il ressort de la figure 2 que les frais de gestion des déchets représentent de trente trois à quarante pour cent du coût total du retraitement du combustible et de la gestion des déchets, ce qui fait de la moitié aux deux tiers du coût de retraitement du combustible. Comme on l'a précisé plus haut, les coûts de gestion des déchets comprennent l'enfouissement des déchets solides, la solidification des déchets à haute activité, et le stockage dans des installations en surface des déchets solides à haute activité et émetteurs alpha, mais non l'évacuation des déchets.

Outre les avantages économiques, il y a encore deux bonnes raisons, du point de vue de la gestion des déchets, en faveur d'une coopération internationale pour le retraitement des combustibles nucléaires et le traitement des déchets radioactifs dans des centres régionaux. L'une est qu'elle permettrait de réduire le nombre des sources de contamination radioactive et celui des installations contaminées. Cette considération prendra une importance particulière dans trente ou cinquante ans, car nombre d'installations nucléaires actuellement construites auront alors fait leur temps et devront être mises hors d'état de nuire après leur désaffectation. La seconde raison est que l'existence de centres régionaux judicieuse-

ment situés, bien gérés, dotés d'un personnel de qualité, et bien exploités, devrait réduire notablement les risques d'une émission accidentelle importante de radionucléides dans l'environnement, qui exposerait gravement la population aux radiations. Une telle émission et une telle exposition provoqueraient probablement dans le monde entier une réaction hostile de l'opinion publique, qui pourrait aller jusqu'à bouleverser les grands programmes nucléo-énergétiques dans les pays développés tout en entraînant des conséquences fâcheuses dans les pays en voie de développement. En conséquence, les nations déjà avancées en matière de production nucléo-énergétique et de technique nucléaire auraient intérêt à apporter la meilleure coopération et le meilleur encouragement possibles à la création de centres régionaux de retraitement du combustible et de gestion des déchets judicieusement situés. Cela permettrait de réduire au minimum le nombre des petits centres de retraitement du combustible et des sites contaminés par la radioactivité, et aussi d'éviter que l'équipement et l'exploitation de certains d'entre eux ne soient insuffisants pour assurer en toute sécurité la manipulation des substances radioactives, et en particulier des déchets.

Comme l'a fait récemment observer un groupe d'experts réunis par l'AIEA pour étudier les techniques de gestion des déchets radioactifs: "... on ne saurait traiter séparément le problème du traitement des combustibles usés et celui de la gestion des déchets. L'existence d'un système efficace et éprouvé d'évacuation ultérieure des déchets radioactifs constituera un élément important des décisions relatives à l'installation de centres régionaux de retraitement". On pourrait ajouter que ceci s'applique à la construction de n'importe quelle installation de retraitement de combustible, où qu'elle soit. Un effort de coopération concentrée apparaît donc nécessaire dans les pays qui disposent ou envisagent de disposer d'énergie d'origine nucléaire, en vue de résoudre le plus rapidement possible le problème de l'évacuation des déchets à haute activité et émetteurs alpha. Ce n'est pas une mince tâche. Un ou deux pays n'y suffiront pas. Son urgence et les ressources qu'elle nécessite exigent une coopération internationale.

LA MATURETE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

La première Conférence nucléaire européenne a eu pour thème la maturité de l'énergie nucléaire. Le mot maturité ne signifie pas nécessairement que l'on a mis au point et qu'on applique la meilleure technique possible, mais que la technique existante peut être appliquée avec succès là où l'on en a besoin. A cet égard, on peut dire que la gestion des déchets radioactifs est un des rejets de l'énergie nucléaire qui, malgré des progrès satisfaisants, n'a pas encore atteint sa maturité. Que reste-t-il à faire? Nous espérons avoir dit clairement ce que nous en pensons.

Malgré les obstacles dressés par la politique et l'opinion publique, on continuera à construire et à exploiter des réacteurs nucléaires, et les décharges de combustibles usés iront croissant. Que va-t-on faire d'eux et de leurs déchets radioactifs? Un des critères de la maturité, c'est la coopération raisonnable. Pour que les nations atteignent leur maturité nucléaire, il faut qu'elles fassent un effort commun en vue de gérer l'énergie nucléaire avec sagesse et en sécurité, et qu'elles s'unissent pour réduire au minimum l'incidence de ses inconvénients, entre autres les déchets radioactifs.

REFERENCES

- (1) Martin A. & ApSimon H. (1974) Population Dose Evaluation and Standards for Man and His Environment, pp. 15-26, IAEA, Vienna. ST1/PUB/375.